



## EFFECTO DEL AMBIENTE MATERNO SOBRE LA TOLERANCIA A LA SALINIDAD DURANTE LA GERMINACIÓN DE *Ricinus communis*

José M. Clavijo y Diego F. Wassner

Facultad de Agronomía, UBA. Universidad de Buenos Aires,  
Av. San Martín 4453 CP (1417) Capital - Argentina  
\*E-mail: wassner@agro.uba.ar

Recibido: 02-08-14

Aceptado 05-11-14

### RESUMEN

*Ricinus communis* es una especie sensible a la salinidad. Niveles altos de salinidad pueden generar durante la etapa de siembra-emergencia pérdidas de rendimiento por fallas en el establecimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar si existe efecto del ambiente materno para la tolerancia a la salinidad durante la germinación. Se hicieron crecer plantas en tres condiciones de salinidad (ambientes maternos: T1, T3 y T6) generados mediante el riego con soluciones con diferente conductividad eléctrica (0,9; 3,1 y 5,7 dS m<sup>-1</sup>, utilizando NaCl). No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos para el rendimiento final. Las semillas obtenidas en T1, T3 y T6; se pusieron a germinar en tres condiciones de salinidad (0,90 y 120 mM de NaCl). La germinación acumulada (al día 14) con 120 mM de NaCl fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) para las semillas obtenidas de T6 ( $59,4 \pm 7,9\%$ ) que para las obtenidas de T1 y T3 ( $27,9 \pm 9,7$  y  $23,1 \pm 7,7\%$ , respectivamente), mientras que con 0 y 90 mM de NaCl no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos maternos. De acuerdo con estos resultados, las semillas generadas en ambientes maternos salinos presentan mayor habilidad para germinar bajo condiciones salinas.

**Palabras clave.** Ricino, efecto materno, tolerancia a estrés.

### MATERNAL EFFECT ON SALINITY TOLERANCE DURING GERMINATION OF *Ricinus communis*

#### SUMMARY

*Ricinus communis* is a species sensible to salinity. High levels during sowing-emergence can generate yield losses due to establishment faults. The aim of this work was to determine if the maternal environment can affect the salinity tolerance during germination. Plants were grown under 3 salinity conditions (maternal environment: T1, T3 and T6) generated through the irrigation with solutions that differed in electrical conductivity (0.9; 3.1 and 5.7 dS m<sup>-1</sup>, using NaCl). The seeds obtained in T1, T3 and T6 were germinated under three conditions of salinity (0, 90 and 120 mM of NaCl). No significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed between treatments for the seed yield per plant. Cumulative germination (to day 14) at 120 mM of NaCl was significantly greater ( $P < 0.05$ ) for seeds obtained in T6 ( $59.4 \pm 7.9\%$ ) that with the ones obtained in T1 and T3 ( $27.9 \pm 9.7$  and  $23.1 \pm 7.7\%$ , respectively). No statistically significant effects were observed between maternal treatments at 0 and 90 mM of NaCl. In agreement with these results, the seeds generated in saline maternal environments present greater ability to germinate under saline conditions.

**Key words.** Castorbean, maternal effects, stress tolerance.

## INTRODUCCIÓN

El ricino (*Ricinus communis* L.), es una especie oleaginosa de la familia Euphorbiaceae, cultivada comercialmente para la obtención de un aceite industrial con propiedades físico-químicas particulares, derivadas de una alta proporción ( $\approx 90\%$ ) de un ácido graso hidroxilado llamado ácido ricinoleico. Las aplicaciones industriales del aceite de ricino son muy amplias y abarcan a las industrias de lubricantes, polímeros, farmacéutica, pinturas, tintas, plastificantes, surfactantes, fluidos hidráulicos, colorantes y de cosméticos (Mutlu y Meier, 2010). Es una especie perenne y cosmopolita, ya que prospera de manera espontánea bajo condiciones templadas, subtropicales y tropicales. Desde el punto de vista productivo presenta como particularidad que según el manejo agronómico que se aplique, puede realizarse como un cultivo anual o como un cultivo cortamente perenne (3 años). Como consecuencia de la excesiva ramificación y altura de planta, una proporción importante de la producción mundial actual es obtenida mediante la cosecha manual de los frutos.

La combinación de una alta demanda de mano de obra rural con un precio internacional del aceite que históricamente se ubica entre 50 a 100% por encima del de los aceites commodities (Scholz y da Silva, 2008) y un consumo a escala global creciente y sostenido, determinan que este cultivo sea una alternativa promisorio para promover el desarrollo rural en áreas agroecológicas marginales para la producción agrícola tradicional.

Una de las restricciones ambientales que determinan que un ambiente sea marginal para la agricultura es la presencia de altas concentraciones de sales en el suelo o en el agua de riego y, en este sentido, un suelo es considerado salino cuando la conductividad eléctrica (CE) de su extracto de saturación supera los  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . A partir de este valor la productividad de muchos cultivos se reduce como consecuencia de una menor disponibilidad hídrica, generada por el

efecto osmótico sobre la solución del suelo, junto con los efectos tóxicos que pueden generar los iones que componen las sales presentes (Paranychianakis y Chartzoulakis, 2005).

En este sentido, el ricino es considerado una especie sensible a la salinidad (Richards, 1970) y recientemente se ha incrementado el interés por entender sus mecanismos fisiológicos de tolerancia y la variabilidad genética existente (Raghavaiah *et al.*, 2006; Silva do Vale *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2008).

A escala de cultivo, el primer efecto del exceso de sales que reduce el rendimiento de granos es la disminución en el coeficiente de establecimiento de individuos como consecuencia de la disminución en el porcentaje de germinación y por incrementos en la mortandad de plántulas recién emergidas.

Es por ello que incrementar la tolerancia a la salinidad durante la germinación es el primer aspecto que debe resolverse si el objetivo es desarrollar este cultivo en ambientes salinos.

La información disponible sobre la tolerancia del ricino a la salinidad durante la germinación permite sostener que la misma comienza a reducirse significativamente a partir de un rango de valores de entre  $11$  a  $13 \text{ dS m}^{-1}$  (dos Santos *et al.*, 2008; Dolzán, 2008). Sin embargo, existen evidencias que indican la existencia de variabilidad genotípica para tolerancia a salinidad durante esta etapa. En una evaluación de 15 genotipos, en la que se utilizaron soluciones salinas de hasta  $10 \text{ dS m}^{-1}$  generadas con NaCl, se encontraron reducciones en el porcentaje de germinación de entre 6,9 y 100% (Raghavaiah *et al.*, 2002).

Una alternativa para incrementar la tolerancia a la salinidad durante la germinación podría ser la expresión del efecto materno en semillas, que se define como un mecanismo no genético de transmisión de información a la progenie que está fuertemente afectado por las condiciones ambientales que explora la planta madre durante la formación de la semilla (Roach y Wulff, 1987). Estos efectos surgen como resultado de la inte-

racción entre el ambiente y la planta madre a través de tres mecanismos diferentes: *i.* transferencia directa de organelas (mitocondria y plástidos) de origen materno al óvulo en formación, *ii.* fertilización múltiple del endosperma, que generalmente es triploide, en donde el aporte de cromosomas materno duplica al paterno y *iii.* a través de los tejidos que protegen al embrión y al endosperma que son siempre de origen materno (Roach y Wulff, 1987).

Si bien existen numerosos trabajos en donde informaron cambios en las características y el desempeño de las semillas como consecuencia de efectos maternos (Roach y Wulff, 1987; Luzzuriaga *et al.*, 2005), la información disponible sobre efecto materno durante la germinación en condiciones de salinidad es escasa.

El objetivo de este trabajo fue determinar si existen efectos del ambiente materno sobre la tolerancia a la salinidad durante la germinación en *Ricinus communis*, para lo cual se puso a prueba la hipótesis de que condiciones salinas durante el llenado de grano en *Ricinus communis* generan cambios de naturaleza no genética en las semilla que modifican su desempeño durante la germinación bajo condiciones salinas. En este marco se plantea como predicción que el porcentaje de germinación bajo condiciones salinas de semillas producidas en ambientes maternos salinos es mayor que el de las semillas producidas en ambientes maternos no salinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en dos etapas: 1) la obtención de semillas en ambientes con distintas condiciones de salinidad y 2) la evaluación de la germinación de estas semillas bajo diferentes concentraciones salinas.

### 1. Obtención de semillas

El experimento se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, ciudad de Buenos Aires

(34°35'S 58°29'O) bajo condiciones de invernáculo para evitar el lavado de sales por las precipitaciones.

Las plantas se generaron a partir de semillas obtenidas por autofecundación de una planta seleccionada del genotipo experimental FAUBA I, que fue obtenido luego de tres ciclos de selección masal partiendo de una población natural con buenas características agronómicas. La elección de semillas obtenidas a partir de autofecundación tuvo como objetivo reducir la variabilidad genética del material utilizado.

Las semillas se incubaron en oscuridad a 25 °C, y luego de la emergencia de la radícula (15 de febrero de 2008) se trasplantaron a contenedores individuales de 30 dm<sup>3</sup>, usando un sustrato formado por una mezcla de suelo franco-arcilloso y arena (2:1), utilizando 1 contenedor por planta.

Luego de la aparición de la sexta hoja verdadera se iniciaron los tratamientos de salinidad, utilizando agua de riego con tres niveles de conductividad eléctrica (T1: 0,9; T3: 3,1 y T6: 5,7 dS m<sup>-1</sup>) generados con el agregado de NaCl al agua de red. Los niveles de salinidad se seleccionaron en base a los resultados publicados por Silva *et al.* (2008) para generar niveles de estrés bajo (T1), moderado (T3) y alto (T6), pero que permitan la producción de semillas. Se utilizaron 11 plantas por tratamiento. Todas las plantas se regaron con igual cantidad de solución (1 litro), con una frecuencia de 2 veces por semana hasta la aparición de las inflorescencias de segundo orden y luego cuatro veces por semana hasta la cosecha final. El proceso de salinización edáfica se generó de manera gradual como consecuencia de la acumulación de NaCl aportado por el agua de riego salinizada con diferente concentración.

Se determinó el nivel de salinidad del sustrato (Cuadro 1) mediante el método del extracto de saturación (Richards, 1970), utilizando una proporción suelo:agua de 1:2.5 y un conductímetro HI 9032 (Hanna Instruments, EEUU) previamente calibrado.

Los racimos se cosecharon de manera escalonada, cuando todos sus frutos se encontraban maduros. Se seleccionaron visualmente las semillas viables para su empleo en la etapa 2.

El 26/01/2009 finalizó la cosecha de racimos y se determinaron los componentes numéricos del rendimiento que determinan la producción de semilla

Cuadro 1. Conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) del extracto de saturación del suelo en los distintos tratamientos de salinidad (promedio  $\pm$  error estándar;  $2 \leq n \leq 6$ ). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos para cada fecha de muestreo.

FECHA	FENOLOGÍA	Conductividad eléctrica del sustrato ( $\text{dS m}^{-1}$ )		
		T1	T3	T6
23/04/08	Floración de racimos primarios	$0,23 \pm 0,026$ a	$0,69 \pm 0,075$ b	$1,79 \pm 0,146$ c
14/08/08	Cosecha de racimos primarios	$0,31 \pm 0,008$ a	$1,65 \pm 0,230$ b	$3,15 \pm 1,400$ ab
20/11/08	Cosecha de racimos secundarios y floración de racimos terciarios	-----	$2,45 \pm 0,575$ a	$8,95 \pm 0,665$ b
26/01/09	Cosecha final	$0,80 \pm 0,297$ a	$2,48 \pm 0,770$ a	$6,99 \pm 0,502$ b

por planta para analizar cuál de ellos presenta mayor sensibilidad a la salinidad edáfica. Los componentes analizados fueron: número de semillas por planta, peso individual de semilla, número de racimos por planta, número de frutos por racimo y número de semillas por fruto.

## 2.1. Evaluación del efecto materno

Para determinar el efecto del ambiente materno sobre la tolerancia a la salinidad durante la germinación se emplearon las semillas obtenidas de los racimos secundarios, terciarios y cuaternarios y se descartaron las provenientes de los primarios, debido a que éstas fueron generadas con niveles bajos de salinidad en el suelo en T3 y T6 (Cuadro 1). Los racimos utilizados para T1 fueron generados con una salinidad edáfica promedio de  $0,55 \text{ dS m}^{-1}$  consecuencia del rango de valores medido en el suelo durante la formación de racimos secundarios, terciarios y cuaternarios de entre  $0,3$  y  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ , mientras que para T2 se obtuvo un promedio de  $2,46 \text{ dS m}^{-1}$  con un rango de CE de entre  $2,45$  y  $2,48 \text{ dS m}^{-1}$  y para T3 el valor promedio fue de  $7,9 \text{ dS m}^{-1}$  con un rango de entre de CE  $8,9$  y  $7,0 \text{ dS m}^{-1}$ . De esta manera el empleo de agua de riego proveniente de red (T1) cuya salinidad es de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  generó una salinidad edáfica promedio durante la formación de las semilla utilizadas en la evaluación del efecto materno de  $0,55 \text{ dS m}^{-1}$ , mientras que el agua de riego empleada en T2 (salinizada artificialmente a  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) generó una salinidad edáfica promedio durante el mismo período de  $2,46 \text{ dS m}^{-1}$  y la empleada en T3 (salinizada artificialmente a  $5,7 \text{ dS m}^{-1}$ ) generó una salinidad edáfica promedio de  $7,97 \text{ dS m}^{-1}$ .

Las semillas obtenidas de cada planta (11 plantas por tratamiento y tres tratamientos de salinidad

edáfica: T1, T3 y T6) se pusieron a germinar bajo tres condiciones de salinidad ( $0$ ,  $90$  y  $120 \text{ mM}$  de  $\text{NaCl}$ ), obteniéndose un total de 11 repeticiones para cada combinación de tratamientos. Se pusieron a germinar 15 semillas por caja de Petri a temperatura constante ( $25^\circ\text{C}$ ), en oscuridad, y utilizando  $12 \text{ mL}$  de solución por caja de Petri. Se efectuaron cambios de solución cada  $24 \text{ h}$  hasta el segundo día y luego, cada  $48 \text{ h}$ , con el objeto de mantener constante la concentración salina y el potencial osmótico de la solución.

Las concentraciones salinas se escogieron de acuerdo con los niveles de  $\text{NaCl}$  que generaron reducciones moderadas ( $90 \text{ mM}$  de  $\text{NaCl}$ ) y severas ( $120 \text{ mM}$  de  $\text{NaCl}$ ) en el porcentaje de germinación de semillas del mismo genotipo de ricino que se utilizó en este experimento (Dolzán, 2008).

Se registró diariamente el número de semillas germinadas en cada caja de Petri hasta el día 14, en que se consideró finalizado el experimento. Se consideró que la semilla había germinado cuando presentaban una radícula emergida de al menos  $2 \text{ mm}$  de largo. Con estos datos se calcularon, para cada planta y para cada uno de los niveles de salinidad de la solución, el porcentaje de germinación acumulada al día 14 ( $PG_{14}$ ) y la velocidad de germinación ( $v$ ), según la Eq. 1 (Nichols y Heydecker, 1968).

$$\text{Eq. 1} \quad v_j = \frac{gT_j}{\sum_{i=1}^h g_{ij} \times i}$$

donde  $v_j$  es la velocidad de germinación para la planta  $j$ ;  $gT_j$ , el número total de semillas germinadas

al día 14 para la misma planta;  $g_{ij}$  el número de semillas germinadas el día  $i$  para la misma planta  $j$ ; siendo  $i = 1$  el día de inicio y  $h$  el número de días de duración del experimento de germinación.

Se pusieron a prueba mediante análisis estadísticos las medias de  $PG_{14}$  y  $v$  de los distintos tratamientos que surgen de combinar los niveles de salinidad de la solución de germinación con los tratamientos maternos.

Para  $PG_{14}$ , la interacción entre ambos factores presentó un valor marginalmente significativo ( $P=0,0592$ ), por lo cual se analizaron los efectos de los tratamientos en cada nivel del factor ambiente materno (T) en forma independiente.

Para  $v$  se realizó un ANOVA de dos factores, ya que no se encontró interacción significativa entre ambos factores. Para evaluar el efecto de los tratamientos se utilizó el test de comparación de medias de Student-Newman-Keuls (Keuls, 1952).

Los valores de  $PG_{14}$  se transformaron a  $asen\sqrt{x}$  (Santana y Ranal, 2004) con el objetivo de validar el supuesto de homogeneidad de varianzas. Sin embargo, para comparar el efecto de los distintos niveles de salinidad sobre la germinación de las semillas generadas en el ambiente materno T1, esta transformación no resultó suficiente, por lo cual se recurrió un ANOVA no paramétrico, utilizando el test de Kruskal-Wallis. En todos los demás casos, los análisis efectuados fueron del tipo paramétrico.

## 2.2. Edad de semillas y capacidad de germinación

Debido a que los racimos se cosecharon secuencialmente, la proporción de semillas de diferente edad en el total producido pudo haber sido diferente entre plantas y tratamientos, lo que podría afectar los resultados si existiera un efecto de dormición asociado con la edad de las semilla o con el orden de racimo de donde proviene (Lago *et al.*, 1979). Para minimizar este efecto, las semillas provenientes de racimos de diferente orden (secundario, terciario y cuaternario) se mezclaron y se conformó una muestra compuesta por cada planta utilizada en los tratamientos de germinación.

Se calculó la fecha promedio de cosecha de las semillas de cada planta ( $FCp$ ), a partir de la proporción de semillas cosechadas en cada fecha de co-

secha utilizando la Eq.2, y se evaluó mediante regresiones la relación entre esta variable y el  $PG_{14}$  y  $v$ .

$$\text{Eq.2.} \quad FCp_j = \sum_{i=1}^k \frac{s_{ij} \times i}{sT_j}$$

donde  $FCp_j$  es la fecha de cosecha promedio (días) de las semillas de la planta  $j$ ;  $s_{ij}$ , el número de semillas cosechadas el día  $i$  para la misma planta  $j$ ;  $sT_j$ , el total de semillas cosechadas para esa planta; siendo  $i = 1$  el día en que se cosechó el primer racimo secundario de todo el experimento y  $k$  el día en que se cosechó el último racimo que aportó semillas para los análisis de germinación.

## RESULTADOS

Los suelos sometidos a los tratamientos T3 y T6 se salinizaron de manera progresiva durante el transcurso del experimento, alcanzando al momento de la cosecha de los racimos secundarios los niveles de salinidad edáfica propuesta para este trabajo (Cuadro 1).

### Rendimiento y mortandad de plantas

En los tratamientos T1 y T3 no se produjo mortandad de plantas durante el experimento, mientras que en T6 alcanzó un valor de 27,3%.

No se encontraron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos de salinidad del suelo para el rendimiento de semillas por planta, como tampoco en los componentes numéricos del rendimiento: número de semillas por planta, peso individual de semilla, número de racimos por planta y de frutos por racimo, mientras que el número de semillas por fruto fue en T1 significativamente mayor que en T6 ( $P<0,05$ ; Cuadro 2).

### Porcentaje final y velocidad de germinación

No se encontró una relación estadísticamente significativa ( $P>0,10$ ) entre la edad promedio de las semillas y el  $PG_{14}$  para los tres niveles de salinidad utilizados.



Cuadro 2. Componentes del rendimiento en plantas de *Ricinus communis* expuestas a diferentes niveles de salinidad mediante el riego con agua salinizada con NaCl (T1: 0,9; T3: 3,1 y T6: 5,7 dS m<sup>-1</sup>). Los valores corresponden al promedio  $\pm$  error estándar (n = 6). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

	Tratamiento salino en plantas madre		
	T1	T3	T6
Rendimiento (g planta <sup>-1</sup> )	28,72 $\pm$ 2,61	26,84 $\pm$ 3,14	23,93 $\pm$ 3,05
Semillas/planta	83,5 $\pm$ 5,41	75,33 $\pm$ 8,39	69 $\pm$ 9,46
Peso individual de semilla (g)	0,34 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,01
Racimos/planta	3,17 $\pm$ 0,72	3,33 $\pm$ 0,23	2,83 $\pm$ 0,52
Frutos/racimo	11,53 $\pm$ 1,82	9,07 $\pm$ 0,99	11,04 $\pm$ 1,43
Semillas/fruto	2,64 $\pm$ 0,18 a	2,57 $\pm$ 0,26 ab	2,36 $\pm$ 0,12 b

En los tratamientos de germinación con 0 y 90 mM de NaCl no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el  $PG_{14}$  de las semillas provenientes de los tres tratamientos maternos (Fig. 1). En tanto que con 120 mM de NaCl, las semillas obtenidas de plantas crecidas en T6 alcanzaron un  $PG_{14}$  significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) que el de las semillas obtenidas en T1 o T3 (Fig. 1).

La velocidad de germinación con 90 y 120 mM de NaCl fue significativamente menor ( $P < 0,05$ ) que la observada con 0 mM de NaCl (Fig. 2). No se encontró efecto sobre la velocidad de germinación de los tratamientos de ambientes maternos (T) en ninguno de las concentraciones de NaCl utilizadas ( $P > 0,05$ ), ni interacción entre ambos factores ( $P > 0,10$ ).

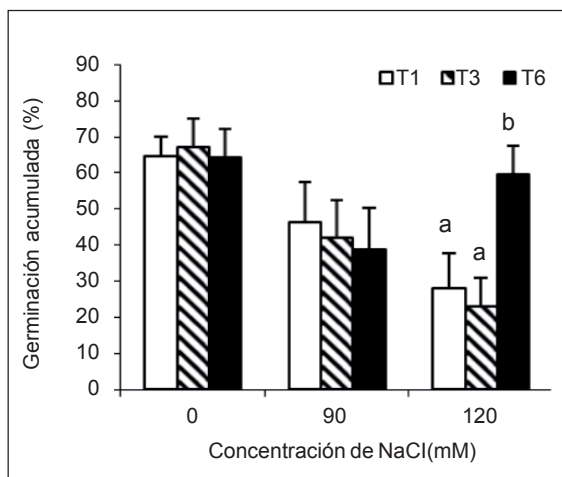


Figura 1. Germinación acumulada (%) al día 14 de semillas de *Ricinus communis* obtenidas en diferentes ambientes maternos (T1: 0,9; T3: 3,1 y T6: 5,7 dS m<sup>-1</sup>) puestas a germinar en soluciones con diferente concentración de NaCl (0, 90 y 120 mM). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

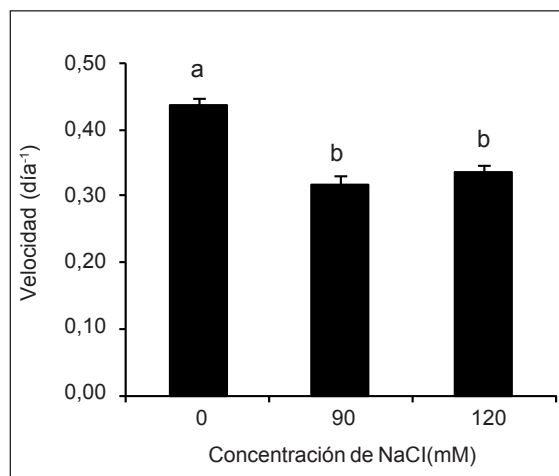


Figura 2. Velocidad de germinación en los distintos niveles de salinidad en la solución de germinación. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

### Porcentaje final y velocidad de germinación

La falta de relación entre la edad promedio de las semillas y el  $PG_{14}$  permite descartar la existencia de efectos de dormición asociados a la edad de las semillas.

La tolerancia a la salinidad por NaCl durante la germinación del genotipo utilizado en este trabajo coincide con los valores de los genotipos más tolerantes encontrados por Raghavaiah *et al.* (2002), en donde sobre un total de 15 genotipos, solo el 26% presentó reducciones del porcentaje de germinación menores al 40% con respecto al testigo cuando se utilizó una solución de NaCl con 10 dS m<sup>-1</sup> de CE.

La velocidad de germinación no se vio afectada por las condiciones a las que fueron expuestas las plantas madres, por lo que las disminuciones en la velocidad de germinación observadas en 90 y 120 mM se explican por el efecto osmótico que afecta la etapa de imbibición de las semillas (Gorham, 1992). En este sentido, Dolzán (2008), utilizando el mismo genotipo de ricino que en este experimento, encontró disminuciones en el porcentaje de germinación a partir del uso de soluciones con un potencial osmótico de -0,5 MPa (equivalentes a 127 mM de NaCl) generados con NaCl o PEG 6000, por lo que concluyó que la reducción en el porcentaje de germinación fue generado por el efecto osmótico y no por la toxicidad del NaCl.

Las semillas generadas en el ambiente materno más salino (T6) presentaron un mayor porcentaje de germinación cuando fueron incubadas a 120 mM de NaCl que las semillas generadas en condiciones no salinas o de menor salinidad (T3), por lo que se pudo constatar la existencia de efectos maternos para la tolerancia a condiciones salinas durante la germinación bajo esta combinación de condiciones salinas de crecimiento de las plantas y de incubación de semillas.

La ausencia de efectos maternos en semillas generadas bajo condiciones de moderada salinidad (T2) sugiere la existencia de un valor límite a partir del cual se promueven los mecanismos de transmisión de información materna a la progenie. De la misma manera, la ausencia de respuestas de las semillas generadas bajo el ambiente materno más salino (T6) cuando fueron incubadas bajo condiciones de moderada salinidad (90 mM de NaCl) sugiere que la expresión del efecto materno se produce bajo condiciones elevadas de salinidad, mientras que con condiciones moderadas no se expresaron.

Estos resultados ponen de manifiesto la existencia de un mecanismo complejo relacionado con la expresión del efecto materno y regulado por los niveles de salinidad a los que son expuestas las plantas madres y las condiciones a las que son expuestas las semillas durante la germinación y revela la necesidad de avanzar en el conocimiento de los mecanismos fisiológicos que expliquen las respuestas obtenidas.

En términos generales, los mecanismos fisiológicos y anatómicos relacionados con el efecto materno en semillas están relacionados con cambios en las características físico-químicas de la cubierta seminal, el tamaño de las semillas, con el nivel de reservas en el endosperma y con el balance hormonal del embrión (Luzuriaga *et al.*, 2005). Las condiciones experimentales utilizadas en este experimento no generaron diferencias entre tratamientos para el peso de semillas, lo que podría explicar en parte las diferentes respuestas encontradas durante la germinación (Galloway, 2001). Sin embargo, el mejor desempeño de las semillas obtenidas en condiciones salinas podrían estar relacionados con cambios en la relación tegumento/endosperma+embrión, que no fueron evaluados en este trabajo.

En relación a los mecanismos que explican la mayor tolerancia al NaCl durante la germinación de las semillas formadas bajo condiciones salinas, Beaton y Dudley (2007) encontraron eviden-

cias que indican que está relacionada con el incremento del gradiente osmótico durante la imbibición, generado por una mayor concentración en la semilla de compuestos solubles osmóticamente activos.

También existen evidencias que relacionan la exposición de las plantas madres a condiciones salinas con cambios en la concentración de ácido abscísico, y su efecto sobre el nivel de dormición de las semillas (Van Zandt y Mopper, 2004), que en este experimento se descarta debido a que no se encontró una relación significativa entre la edad promedio de las semillas y el PG14 para los tres niveles de salinidad utilizados.

A pesar de que en este trabajo no se exploraron los mecanismos fisiológicos implicados en el incremento de la tolerancia a la salinidad durante la germinación por efecto materno, los resultados obtenidos permiten sostener que bajo condiciones de crecimiento con elevada salinidad, es posible mejorar la germinación del ricino en

medios con salinidad elevada, por lo que se acepta parcialmente la hipótesis del trabajo.

Para determinar el impacto productivo que puede tener el aprovechamiento del efecto materno como herramienta tecnológica, conjuntamente con la necesidad de avanzar en la comprensión de los mecanismos fisiológicos involucrados en el incremento de la tolerancia a condiciones salinas durante la germinación, resulta necesario determinar el desempeño productivo en suelos salinos de las plantas obtenidas de semillas generadas bajo diferentes ambientes maternos.

#### Agradecimientos

A J.J. Clavijo y P. Cugliandolo por su asistencia durante el experimento y al Ing. Agr. Raúl Giménez y al Dr. Fabio Causin por su aporte durante la elaboración de los resultados. Este trabajo fue financiado por el proyecto UBACYT G008: Determinación de los factores que regulan el crecimiento y desarrollo en cultivos oleaginosos perennes. Secretaría de Ciencia y Técnica. UBA.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Beaton, L.L. and S.A. Dudley. 2007. The impact of solute leaching on the salt tolerance during germination of the common roadside plant *Dipsacus fullonum* subsp. *sylvestris* (Dipsaceae). *International Journal of Plant Sciences* 168(3): 317-324.
- Galloway, L.F. 2001. The effect of maternal and paternal environments on seed characters in the herbaceous plant *Campanula americana* (Campanulaceae). *American Journal of Botany* 88(5): 832-840.
- Dolzán, A.L. 2008. Respuesta a la temperatura, al potencial agua y a la salinidad en semillas de ricino (*Ricinus communis* L.). Trabajo de Intensificación para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 28pp.
- dos Santos; H.O.; R. Silva-Mann; T.M. Andrade; P.C. Chaves Cortes e M.V. Cunha Bispol. 2008. Potencial germinativo de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a estresse salino. *En: Energia e Ricinoquímica: anais do III Congresso Brasileiro de Mamona*, Salvador, BA, 4 a 7 de Agosto de 2008, en: <http://www.cbmamona.com.br>. Último acceso 12/04/2012.
- Gorham, J. 1992. Salt tolerance of plants. *Science Progress* 76: 273-285.
- Keuls, M. 1958. The use of the «studentized range» in connection with an analysis of variance. *Euphytica* 1: 112-122.
- Lago, A.A.; E. Zink; L.F. Razera; N.V. Banzatto e A. Savy Filho. 1979. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. *Bragantia* 38: 41-44.
- Luzuriaga, A.L.; A. Escudero and F. Pérez-García. 2005. Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed research* 46: 163-174.
- Mutlu, H. and M.A.R. Meier. 2010. Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. *European Journal of Lipid Science and Technology* 112(1): 10-30.



- Nichols, M.A. and W. Heydecker. 1968. Two approaches to the study the germination data. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 33: 531-540.
- Paranychianakis, N.V. and K.S. Chartzoulakis. 2005. Irrigation of Mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106(2-3): 171-187.
- Raghavaiah, C.V.; C. Lavanya; S. Kumaran and T.J. Jeevan Royal. 2006. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination growth and plant ion composition. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 76(3): 196-199.
- Raghavaiah, C.V.; Y. Muralidharudu; T.J. Jeevan Royal; P. Ammaji; C. Lavanya and P. Lakshamma. 2002. Influence of salinity stress on germination and early growth of castor (*Ricinus communis*) genotypes. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 72(10): 601-603.
- Richards, L.A. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 5ta ed. México. Soil and Water Conservation Research Branch, Agricultural Research Service, USDA. Manual de agricultura N° 60.
- Roach, D.A. and R.D. Wulff. 1987. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 209-235.
- Santana, D.G. e M.A. Ranal. 2004. Medidas da velocidade de germinação. En: Santana, DG & Ranal, MA (eds.). *Análise da Germinação: um enfoque estatístico*. Editorial Universidade de Brasília, 248pp.
- Scholz, V. and J.N. da Silva. 2008. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass and Bioenergy* 32(2): 95-100.
- Silva do Vale, L.; N.E. de Macêdo Beltrão; L. Soares Severino; G.D. Cardoso; C.J. da Anunciação Filho e A.A. de Assunção Montenegro. 2005. Efeito da salinidade na cultura da mamoneira. En: II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Oleos, Gorduras e Biodiesel. Universidad Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha.
- Silva, S.M.S.; A.N. Alves; H.R. Gheyi; N.E. de Macedo Beltrão; L. Soares Severino e F.A.L. Soares. 2008. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12(4): 335-342.
- Silva, S.M.S.; A.N. Alves; H.R. Gheyi; N.E. de Macedo Beltrão; L. Soares Severino e F.A.L. Soares. 2004. Fitomassa da mamoneira irrigada com águas de diferentes salinidades. En: I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande. Brasil.
- Van Zandt, P.A. and S. Mopper. 2004. The effects of maternal salinity and seed environment on germination and growth in *Iris hexagona*. *Evolutionary Ecology Research* 6: 813-832.